



**DETEKSI *BEAK AND FEATHER DISEASE VIRUS* (BFDV)
PADA BURUNG KAKATUA INDONESIA (GENUS: *Cacatua*)
DAN ASOSIASINYA DENGAN GEN *MHC***

AZIMAH WARDAHTUL ISHLAH



**PROGRAM STUDI BIOSAINS HEWAN
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Deteksi *Beak and Feather Disease Virus* (BFDV) pada Burung Kakatua Indonesia (Genus: *Cacatua*) dan Asosiasinya dengan Gen *MHC*” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Mei 2026

Azimah Wardahtul Ishlah
G3502232032

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



RINGKASAN

AZIMAH WARDAHTUL ISHLAH. Deteksi *Beak and Feather Disease Virus* (BFDV) pada Burung Kakatua Indonesia (Genus: *Cacatua*) dan Asosiasinya dengan Gen *MHC*. Dibimbing oleh KANTHI ARUM WIDAYATI dan ANIK BUDHI DHARMAYANTHI.

Major Histocompatibility Complex (MHC) merupakan kelompok gen pada vertebrata yang mengode molekul penyaji antigen yang berperan penting dalam sistem imun adaptif dengan mempresentasikan peptida patogen kepada sel T. Tingginya polimorfisme gen *MHC* pada vertebrata diketahui berkontribusi terhadap variasi kemampuan individu dalam merespon infeksi. Pada burung kakatua (genus: *Cacatua*) di Indonesia, informasi mengenai keragaman gen *MHC* dan kaitannya dengan kerentanan terhadap penyakit menular masih terbatas, khususnya terhadap infeksi *Beak and Feather Disease Virus* (BFDV). Virus ini merupakan patogen penting yang menginfeksi burung Psittaciformes yang menyebabkan kerusakan bulu, deformitas paruh, dan immunosupresi. Penelitian ini bertujuan mengkarakterisasi polimorfisme gen *MHC-I* ekson 3 dan *MHC-II* ekson 2 pada spesies *Cacatua* di Indonesia, mendeteksi keberadaan BFDV, serta mengevaluasi asosiasi antara variasi genetik *MHC* dan status infeksi.

Sebanyak 197 sampel darah dari tujuh spesies kakatua penangkaran di Indonesia (*Cacatua alba*, *C. galerita*, *C. goffiniana*, *C. moluccensis*, *C. pastinator*, *C. sanguinea*, dan *C. sulphurea*) dianalisis untuk deteksi BFDV menggunakan PCR. Selanjutnya, beberapa dari sampel tersebut dilakukan amplifikasi di daerah *MHC-I* ekson 3 dan *MHC-II* ekson 2 untuk dianalisis asosiasi antara haplotipe *MHC* dan status infeksi menggunakan *Generalized Linear Model (GLM)* binomial.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa BFDV terdeteksi pada seluruh spesies yang diuji dengan tingkat infeksi berbeda antarspesies. Analisis genetik menunjukkan tingkat polimorfisme yang tinggi pada kedua lokus *MHC*, namun tidak ditemukan asosiasi signifikan antara variasi haplotipe *MHC-I* maupun *MHC-II* dengan status infeksi BFDV. Selain itu, analisis filogenetik menunjukkan pola transmisi lintas spesies tanpa kluster spesifik berdasarkan inang.

Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun keragaman genetik *MHC* pada *Cacatua* relatif tinggi, faktor lain di luar wilayah gen yang dianalisis dapat berperan lebih besar dalam menentukan kerentanan terhadap infeksi BFDV. Penelitian lanjutan dengan jumlah sampel lebih besar serta eksplorasi gen imun lain diperlukan untuk memahami mekanisme kerentanan inang secara lebih komprehensif.

Kata kunci: BFDV, *Cacatua*, Kakatua, *MHC*, PCR

SUMMARY

AZIMAH WARDAHTUL ISHLAH. Beak and Feather Disease Virus Detection (BFDV) in Indonesian Cockatoo (Genus: *Cacatua*) and Its Association with *MHC* Gene. Supervised by KANTHI ARUM WIDAYATI and ANIK BUDHI DHARMAYANTHI.

The Major Histocompatibility Complex (*MHC*) is a group of genes in vertebrates that encode antigen-presenting molecules playing a crucial role in the adaptive immune system by presenting pathogen-derived peptides to T cells. The high polymorphism of *MHC* genes in vertebrates is known to contribute to inter-individual variation in the ability to respond to infections. In cockatoos (Genus: *Cacatua*) in Indonesia, information regarding *MHC* genetic diversity and its relationship to susceptibility to infectious diseases remains limited, particularly concerning infection by Beak and Feather Disease Virus (BFDV). This virus is an important pathogen infecting psittacine birds, causing feather abnormalities, beak deformities, and immunosuppression. This study aimed to characterize polymorphisms of *MHC-I* exon 3 and *MHC-II* exon 2 in *Cacatua* species in Indonesia, detect the presence of BFDV, and evaluate the association between *MHC* genetic variation and infection status.

A total of 197 blood samples from seven captive cockatoo species in Indonesia (*Cacatua alba*, *C. galerita*, *C. goffiniana*, *C. moluccensis*, *C. pastinator*, *C. sanguinea*, and *C. sulphurea*) were analyzed for BFDV detection using PCR. Subsequently, a subset of samples was amplified at the *MHC-I* exon 3 and *MHC-II* exon 2 regions to assess associations between *MHC* haplotypes and infection status using a binomial Generalized Linear Model (GLM).

The results showed that BFDV was detected in all examined species, with infection rates varying among species. Genetic analyses revealed high levels of polymorphism at both *MHC* loci; however, no significant association was detected between either *MHC-I* or *MHC-II* haplotype variation and BFDV infection status. In addition, phylogenetic analysis indicated a pattern of cross-species transmission without host-specific clustering.

These findings suggest that although *MHC* genetic diversity in *Cacatua* species is relatively high, factors beyond the sequenced *MHC* regions may play a more substantial role in determining susceptibility to BFDV infection. Further studies involving larger sample sizes and the exploration of additional immune-related genes are required to better understand the mechanisms underlying host susceptibility.

Keywords: BFDV, *Cacatua*, Cockatoo, *MHC*, PCR



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

**DETEKSI *BEAK AND FEATHER DISEASE VIRUS* (BFDV)
PADA BURUNG KAKATUA INDONESIA (GENUS: *Cacatua*)
DAN ASOSIASINYA DENGAN GEN *MHC***

AZIMAH WARDHAHTUL ISHLAH

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Biosains Hewan

**PROGRAM STUDI BIOSAINS HEWAN
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



Tim Penguji pada Ujian Tesis:
1. Dr. Maria Ulfah S.Pt., M.Sc.Agr.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Tesis : Deteksi *Beak and Feather Disease Virus* (BFDV) pada Burung Kakatua Indonesia (Genus: *Cacatua*) dan Asosiasinya dengan Gen *MHC*.
Nama : Azimah Wardahtul Ishlah
NIM : G3502232032

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Kanthi Arum Widayati, S.Si., M.Si.

Pembimbing 2:

Anik Budhi Dharmayanthi, Ph.D.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Prof. Dr. Drs. Tri Atmowidi, M.Si.
NIP 196708271993031003

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam:

Dr. Berry Juliandi, S.Si., M.Si.
NIP 197807232007011001

Tanggal Ujian:
9 Maret 2026

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Judul yang dipilih dalam penelitian ini adalah “Deteksi *Beak and Feather Disease Virus* (BFDV) pada Burung Kakatua Indonesia (Genus: *Cacatua*) dan Asosiasinya dengan Gen *MHC*”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Ibu Dr. Kanthi Arum Widayati, S.Si., M.Si. dan Ibu Anik Budhi Dharmayanthi, Ph.D. yang telah membimbing, memberikan arahan dan saran dalam penulisan tesis ini, serta kepada bapak dan ibu pengajar Biosains Hewan atas semua ilmu, bimbingan serta pengalaman selama menempuh studi. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada moderator seminar Ibu Prof. Dr. Dra. Purwantiningsih M.S. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada penguji luar komisi pembimbing Dr. Maria Ulfah S.Pt., M.Sc.Agr. yang telah memberikan saran dan masukan terhadap penyempurnaan tesis ini. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Departemen Biologi FMIPA IPB, Program Studi Biosains Hewan dan seluruh bapak dan ibu dosen pengajar, tenaga pendidik dan staf laboratorium di lingkungan Biosains Hewan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Ahmat Fakhri Utama, Muhammad Aldiansyah Karisma, dan Achmad Alfian atas bantuannya dalam pekerjaan laboratorium. Ungkapan terima kasih juga penulis ucapkan kepada orang tua serta seluruh keluarga dan sahabat yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya kepada penulis selama menjalankan studi.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Mei 2026

Azimah Wardahtul Ishlah



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Manfaat	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Gen <i>Major Histocompatibility Complex</i>	3
2.2 Asosiasi Gen <i>MHC</i> dengan Infeksi pada Inang	4
2.3 <i>Psittacine Beak and Feather Disease</i> (PBFD)	4
2.4 Burung kakatua (Genus: <i>Cacatua</i>)	5
III METODE	6
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	6
3.2 Alat dan Bahan	6
3.3 Prosedur Kerja	6
3.4 Klirens etik penelitian	7
3.5 Analisis data molekuler	7
3.6 Analisis data statistik	8
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	9
4.1 Hasil	9
4.2 Pembahasan	16
V SIMPULAN DAN SARAN	18
5.1 Simpulan	18
5.2 Saran	18
DAFTAR PUSTAKA	19
LAMPIRAN	24
RIWAYAT HIDUP	34



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR TABEL

1	Jumlah sampel yang diuji untuk BFDV	6
2	Jumlah sampel deteksi <i>Beak and Feather Disease Virus</i> (BFDV) pada spesies <i>Cacatua</i> berdasarkan deteksi PCR	9
3	Hasil uji post-hoc Tukey pada persentase infeksi BFDV antarspesies <i>Cacatua</i>	10
4	Hasil model regresi logistik (GLM binomial) yang menguji asosiasi antara haplotipe <i>MHC-I</i> ekson 3 dan status infeksi BFDV	11
5	Hasil model regresi logistik (GLM binomial) yang menguji asosiasi antara haplotipe <i>MHC-II</i> ekson 2 dan status infeksi BFDV	12
6	Keragaman genetik MHC kelas I dan II pada spesies <i>Cacatua</i>	14

DAFTAR GAMBAR

1	Pohon filogenetik model Maximum Likelihood dari sekuens BFDV yang menginfeksi spesies <i>Cacatua</i>	15
---	--	----

DAFTAR LAMPIRAN

1	Daftar sampel yang digunakan pada penelitian ini beserta status	24
2	Sekuens referensi <i>Beak and Feather Disease Virus</i> dari <i>database</i> GenBank	32



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.